Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕРМОДИНАМИКА

Блок:	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы:	**Часть, формируемая участниками образовательных отношений**
№ дисциплины по учебному плану:	**Б1.Ч.03**
Трудоемкость в зачетных единицах:	**5 семестр - 5;** **6 семестр - 5;** **всего - 10**
Часов (всего) по учебному плану:	**360 часов**
Лекции	**5 семестр - 32 часа;** **6 семестр - 28 часа;** **всего - 60 часов**
Практические занятия	**5 семестр - 48 часа;** **6 семестр - 28 часа;** **всего - 76 часа**
Лабораторные работы	**6 семестр - 14 часов;**
Консультации	**5 семестр - 2 часа;** **6 семестр - 2 часа;** **всего - 4 часа**
Самостоятельная работа	**5 семестр - 97,5 часа;** **6 семестр - 107,5 часов;** **всего - 205,0 часов**
в том числе на КП/КР	**не предусмотрено учебным планом**
Иная контактная работа	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
включая: **Контрольная работа** **Домашнее задание** **Тестирование**	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен **Экзамен**	**5 семестр - 0,5 часа;** **6 семестр - 0,5 часа;** **всего - 1,0 час**

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Джураева Е.В. Идентификатор: R930396c8-DzhuraevaEV-8c9904a	Е.В. Джураева

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Дедов А.В. Идентификатор: R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4	А.В. Дедов
Заведующий выпускающей кафедрой	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Дедов А.В. Идентификатор: R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4	А.В. Дедов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: является изучение законов термодинамики и термодинамических методов анализа, применительно к системам передачи и трансформации теплоты на атомных электростанциях, теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках..

Задачи дисциплины

- освоение основных законов термодинамики и методов их применения для анализа и расчета процессов, используемых в холодильных, теплонасосных и других теплотехнических установках;
- приобретение знаний и навыков, позволяющих рассчитывать термодинамические процессы разнообразных теплоэнергетических и теплотехнических установок;
- обучение методам термодинамического анализа для оценки эффективности термодинамических процессов и циклов теплосиловых, холодильных и теплонасосных установок.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Запланированные результаты обучения**
ПК-1 Демонстрирует понимание основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-1$_{ПК-1}$ Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей	знать: - основные законы термодинамики и условия их применения; - способы определения свойств и методы расчета термодинамических процессов реального газа; - методы расчета обратимых и необратимых процессов в потоке идеального и реального газа; - методы расчета термодинамических свойств и процессов идеального газа. уметь: - экспериментально определять термодинамические характеристики процессов идеального газа, влажного воздуха, воды и водяного пара; - рассчитывать произвольные термодинамические циклы идеального газа и оценивать их эффективность; - рассчитывать термодинамические циклы паротурбинных, газотурбинных, холодильных и теплонасосных установок; - самостоятельно анализировать термодинамические процессы и циклы, методы их расчета и применять их для решения поставленной задачи; - рассчитывать термодинамические циклы ПТУ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать раздел Математики «Дифференциальное и интегральное исчисление»
- знать раздел Физики (общей) «Молекулярная физика»
- уметь дифференцировать и интегрировать функции, решать дифференциальные уравнения
- уметь использовать молекулярно-кинетическую теорию для расчета калорических свойств идеального газа

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа								СР		
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
							КПР	ГК	ИККП	ТК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные законы термодинамики и общие закономерности	52	5	12	-	18	-	-	-	-	-	22	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Основные законы термодинамики и общие закономерности" для успешной сдачи экзамена ***Подготовка к контрольной работе:*** Повторение материала по разделу "Основные законы термодинамики и общие закономерности" необходимо для успешного написания контрольной работы. ***Подготовка расчетных заданий:*** Повторение материала по разделу "Основные законы термодинамики и общие закономерности" необходимо для выполнения расчетных заданий в 5-м и 6-м семестрах и успешной сдачи экзаменов. ***Изучение материалов литературных источников:*** [2], стр. 7-25, 78-104 [3], стр. 9-15, 28-69, 81-99, 111-121, 125-140
1.1	Основные определения и термины	13		3	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
1.2	Первый закон термодинамики	13		3	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
1.3	Второй закон термодинамики	14		3	-	6	-	-	-	-	-	5	-	
1.4	Дифференциальные уравнения термодинамики	12		3	-	4	-	-	-	-	-	5	-	
2	Процессы идеального газа	46		8	-	14	-	-	-	-	-	24	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Повторение материала по разделу "Процессы идеального газа" необходимо для успешного написания контрольной работы. ***Подготовка домашнего задания:*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание
2.1	Законы и уравнения идеального газа	36		6	-	10	-	-	-	-	-	20	-	
2.2	Смеси газов	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	

														выдается студентам по изученному в разделе "Процессы идеального газа" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Процессы идеального газа" для успешной сдачи экзамена ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], стр. 5-11 [2], стр. 26-34, 45-77 [3], стр. 15-27, 215-222, 225-236
3	Свойства и процессы реального газа	46		12	-	16	-	-	-	-	-	18	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Повторение материала по разделу "Свойства и процессы реального газа" для успешного написания контрольной работы ***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Свойства и процессы реального газа" для успешной сдачи экзамена ***Изучение материалов литературных источников:*** [2], стр. 133-152 [3], стр. 141-152, 168-169, 177-183, 187-189, 197-198, 207-211, 215-223
3.1	Термодинамические свойства реального газа	16		4	-	6	-	-	-	-	-	6	-	
3.2	Термодинамические процессы реального газа.	15		4	-	5	-	-	-	-	-	6	-	
3.3	Термические уравнения состояния реального газа.	15		4	-	5	-	-	-	-	-	6	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	**180.0**		**32**	**-**	**48**	**-**	**2**	**-**	**-**	**0.5**	**64**	**33.5**	
	Итого за семестр	**180.0**		**32**	**-**	**48**	**2**		**-**		**0.5**	**97.5**		
4	Процессы в потоке вещества	26	6	4	4	8	-	-	-	-	-	10	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Повторение материала по разделу "Процессы в потоке вещества" для успешного написания контрольной работы ***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Процессы в потоке вещества" для успешной сдачи
4.1	Расчет сопл	14		2	4	4	-	-	-	-	-	4	-	
4.2	Процессы в диффузоре	6		1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
4.3	Дросселирование	6		1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	

														экзамена ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Процессы в потоке вещества" материалу. ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [2], стр. 164-205 [3], стр. 236-245, 256- 266, 267-294
5	Термодинамические циклы паротурбинных установок	62.0		10	4.0	10	-	-	-	-	-	38	-	***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Повторение материала по разделу "Термодинамические циклы паротурбинных установок" для успешного написания контрольной работы ***<u>Подготовка домашнего задания:</u>*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Термодинамические циклы паротурбинных установок" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "Термодинамические циклы паротурбинных установок" для успешной сдачи экзамена ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов
5.1	Паротурбинные установки	11		2	1	4	-	-	-	-	-	4	-	
5.2	Промежуточный перегрев пара в циклах ПТУ на перегретом паре	8.5		2	0.5	2	-	-	-	-	-	4	-	
5.3	Регенерация в циклах ПТУ	8.5		2	0.5	2	-	-	-	-	-	4	-	
5.4	Сепарация пара в циклах ПТУ на насыщенном паре	26		2	1	1	-	-	-	-	-	22	-	
5.5	Теплофикационные циклы ПТУ (циклы ПТУ-ТЭЦ)	8		2	1	1	-	-	-	-	-	4	-	

														обработки результатов по изученному в разделе "Термодинамические циклы паротурбинных установок" материалу. ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [1], стр. 11-33 [2], стр. 230-249 [3], стр. 347-358, 372- 379, 388-390
6	Термодинамические циклы газотурбинных и парогазовых установок	32.0		8	4.0	6	-	-	-	-	-	14	-	***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Повторение материала по разделу "Термодинамические циклы паротурбинных установок" для успешного написание контрольной работы ***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "Термодинамические циклы газотурбинных и парогазовых установок" для успешной сдачи экзамена ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [2], стр. 212-223, 251-253 [3], стр. 319-327, 328-331, 383-386
6.1	Цикл простой газотурбинной установки	8		2	1	2	-	-	-	-	-	3	-	
6.2	Цикл газотурбинной установки с регенерацией	5.5		1	0.5	1	-	-	-	-	-	3	-	
6.3	Теплофикационный цикл газотурбинной установки	5.5		1	0.5	1	-	-	-	-	-	3	-	
6.4	Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом-утилизатором	7		2	1	1	-	-	-	-	-	3	-	
6.5	Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания	6		2	1	1	-	-	-	-	-	2	-	
7	Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок	24		6	2	4	-	-	-	-	-	12	-	***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Повторение материала по разделу "Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок" для успешного написание контрольной работы ***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок" для успешной сдачи экзамена ***<u>Изучение материалов литературных</u>***
7.1	Обратные термодинамические циклы холодильных установок	12		3	1	2	-	-	-	-	-	6	-	
7.2	Термодинамические циклы теплонасосных	12		3	1	2	-	-	-	-	-	6	-	

	установок													***источников:*** [2], стр. 267-268, 273-274 [3], стр. 414-417, 422-427, 438-440
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	**180.0**		**28**	**14.0**	**28**	**-**	**2**	**-**	**-**	**0.5**	**74**	**33.5**	
	Итого за семестр	**180.0**		**28**	**14.0**	**28**	**2**		**-**		**0.5**	**107.5**		
	ИТОГО	**360.0**	**-**	**60**	**14.0**	**76**	**4**		**-**		**1.0**	**205.0**		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основные законы термодинамики и общие закономерности

1.1. Основные определения и термины

Основные термины и определения. Функции состояния и функции процесса.

1.2. Первый закон термодинамики

Принцип эквивалентности, формулировки и уравнения первого закона термодинамики. Работа расширения, внутренняя энергия, энтальпия, теплоемкость. Первый закон термодинамики для потока вещества, уравнение неразрывности, техническая работа, энтальпия.

1.3. Второй закон термодинамики

Формулировки второго закона термодинамики. Обратимые и необратимые процессы, причины необратимости. Цикл Карно, теоремы Карно. Энтропия, аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов, расчет энтропии. Энтропия изолированной системы, энтропия и термодинамическая вероятность. Эксергетический анализ термодинамических систем,эксергия теплоты и потока вещества, уравнение Гюи – Стодолы, эксергетический КПД.

1.4. Дифференциальные уравнения термодинамики

Характеристические функции, уравнения Максвелла. Дифференциальные соотношения между калорическими и термическими функциями состояния, особенности уравнений для систем с переменной массой.

2. Процессы идеального газа

2.1. Законы и уравнения идеального газа

Основные процессы идеального газа, соотношения параметров, теплота и работа процессов, расчет для газов с постоянной теплоёмкостью и для газов с теплоёмкостью, зависящей от температуры. Теплота и техническая работа в потоке газа. Изображение процессов в p,v- и T,s- диаграммах.

2.2. Смеси газов

Способы задания смеси, парциальные давления и объёмы. Законы Дальтона и Амага. Термодинамические свойства смеси идеального газа.

3. Свойства и процессы реального газа

3.1. Термодинамические свойства реального газа

Термодинамические свойства реального газа, свойства влажного пара, линии фазовых переходов в термодинамических диаграммах (p,v-, p,T-, T,s- и h,s-). Критическая точка, надкритическая область параметров состояния. Фазовые переходы, уравнение Клапейрона – Клаузиуса, правило фаз Гиббса.

3.2. Термодинамические процессы реального газа.

Теплота и работа процессов. Теплота и техническая работа в потоке реального газа. Изображение процессов в термодинамических диаграммах.

3.3. Термические уравнения состояния реального газа.

Уравнение Ван-дер-Ваальса. Вириальное уравнение состояния, вириальные коэффициенты. Подобие термодинамических свойств веществ, z, p- диаграмма..

4. Процессы в потоке вещества

4.1. Расчет сопл

Параметры торможения. Процессы в соплах, расчет скорости и расхода газа и пара, коэффициенты скорости и расхода, изображение процессов в h,s- и p,v- диаграммах, влияние трения. Кризис течения, критические параметры потока, скорость звука. Закон обращения воздействия, геометрическое и тепловое воздействие на поток. Три случая истечения из сужи-вающего сопла, сопло Лаваля.

4.2. Процессы в диффузоре

Процессы в диффузоре, влияние трения.

4.3. Дросселирование

Основное уравнение адиабатного дросселирования, эффект Джоуля-Томсона, кривая инверсии. Изображение процесса дросселирования в h,s- и T,s- диаграммах.

5. Термодинамические циклы паротурбинных установок

5.1. Паротурбинные установки

Принципиальная схема паротурбинной установки (ПТУ) и цикл Ренкина. Удельная работа, подведенная и отведенная теплота, термический и внутренний КПД цикла, мощность ПТУ, изображение циклов в T,s- и h, s- диаграммах. Влияние начальных и конечных параметров пара на КПД цикла Ренкина.

5.2. Промежуточный перегрев пара в циклах ПТУ на перегретом паре

Принципиальная схема и цикл в T,s- диаграмме, процессы в h, s- диаграмме. КПД цикла. Цикл в T,s- диаграмме при p1 большем, чем pкр.

5.3. Регенерация в циклах ПТУ

Обобщенный цикл Карно и его КПД. Принципиальная схема и цикл ПТУ с одним регенеративным подогревателем смешивающего типа; схема и цикл в T,s- диаграмме, удельная работа и КПД цикла. Оптимальная температура питательной воды. Зависимость КПД цикла от температуры питательной воды и числа подогревателей. Особенность схемы с подогревателями поверхностного типа.

5.4. Сепарация пара в циклах ПТУ на насыщенном паре

Принципиальная схема и цикл ПТУ с одним промежуточным сепаратором пара. Иллюстрации в T,s- и в h, s- диаграммах, удельная работа и КПД цикла. Принципиальная схема и цикл АЭС с сепаратором– пароперегревателем (СПП). Принципиальная схема и цикл в T,s- диаграмме, процессы в h, s- диаграмме, удельная работа и КПД цикла. Особенности схемы с двухступенчатым СПП.

5.5. Теплофикационные циклы ПТУ (циклы ПТУ-ТЭЦ)

Критерии эффективности ПТУ-ТЭЦ: коэффициент использования теплоты (топлива), отопительный коэффициент, эксергетический КПД. Принципиальные схемы и циклы в T,s-диаграмме для ТЭЦ с турбиной типа Р (турбина с противодавлением). Принципиальные схемы и циклы в T,s- диаграмме для ТЭЦ с турбиной типа Т (с отборами пара из турбины)..

6. Термодинамические циклы газотурбинных и парогазовых установок

6.1. Цикл простой газотурбинной установки

Цикл простой газотурбинной установки (ГТУ): удельная работа, подведенная и отведенная теплота, термический и внутренний КПД цикла, мощность ГТУ, изображение цикла в T,s- диаграмме. Влияние параметров газа на КПД цикла.

6.2. Цикл газотурбинной установки с регенерацией

Принципиальная схема и цикл ГТУ с регенерацией, изображение цикла в T,s- диаграмме. Предельная регенерация, степень регенерации. Удельная работа, подведенная и отведенная теплота, внутренний КПД цикла.

6.3. Теплофикационный цикл газотурбинной установки

Теплофикационный цикл ГТУ (ГТУ-ТЭЦ), коэффициент использования теплоты (топлива) и эксергетический КПД..

6.4. Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом-утилизатором

Термодинамический цикл парогазовой установки (ПГУ) с котлом-утилизатором, изображение цикла в T,s- диаграмме, мощность ПГУ, КПД цикла..

6.5. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания

Цикл двигателя с подводом теплоты при постоянном объеме (цикл Отто). Цикл двигателя с подводом теплоты при постоянном давлении (цикл Дизеля). Цикл двигателя с комбинированным подводом теплоты (цикл Тринклера). Сравнение экономичности двигателей внутреннего сгорания.

7. Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок

7.1. Обратные термодинамические циклы холодильных установок

Обратные термодинамические циклы холодильных установок и их характеристики: холодопроизводительность и мощность привода, холодильный коэффициент и эксергетический КПД. Обратный цикл Карно – цикл холодильной установки и его характеристики. Цикл воздушной холодильной установки, изображение цикла в T,s-диаграмме, характеристики цикла. Цикл паро-компрессионной холодильной установки, изображение цикла в T,s- диаграмме, характеристики цикла. Сравнение внутреннего охлаждения в детандерах и дросселях.

7.2. Термодинамические циклы теплонасосных установок

Термодинамические циклы теплонасосных установок и их характеристики: тепловая мощность и мощность привода, отопительный коэффициент и эксергетический КПД. Обратный цикл Карно – цикл теплонасосной установки. Принципиальная схема и цикл парокомпрессионных теплонасосных установок в T,s- диаграмме, характеристики цикла.

3.3. Темы практических занятий

1. 4.Контрольная работа №2: Расчет термодинамических процессов идеального газа с учетом зависимости теплоёмкости газа от температуры;
2. 5.Термодинамические свойства и процессы реального газа − водяного пара;
3. 14.Контрольная работа №6. Расчет термодинамических циклов газотурбинных, парогазовых установок, холодильных и теплонасосных установок;
4. 1.Параметры состояния. Законы и уравнения идеального газа. Термодинамические

свойства смеси идеальных газов;
5. 13.Расчет обратных термодинамических циклов холодильных и теплонасосных установок;
6. 11.Контрольная работа №5. Расчет термодинамических циклов паротурбинных установок;
7. 6.Контрольная работа №3. Определение термодинамических свойств и расчет процессов воды и водяного пара;
8. 8.Процессы расширения газа и пара в суживающихся соплах и в соплах Лаваля;
9. 9.Контрольная работа №4. Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лаваля;
10. 10.Расчет термодинамических циклов паротурбинных установок;
11. 7.Влажный воздух;
12. 12.Расчет термодинамических циклов газотурбинных и парогазовых установок;
13. 2.Контрольная работа №1: Расчет термодинамических свойств бинарной смеси идеальных газов.;
14. 3.Процессы идеального газа. Расчет процессов с учетом зависимости теплоемкости газа от температуры.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Определение изобарной теплоемкости и термодинамических свойств воздуха;
2. Исследование процесса адиабатного течения воздуха в суживающихся соплах;
3. Изохорное нагревание воды и водяного пара;
4. Исследование процессов во влажном воздухе.

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	
Знать:									
методы расчета термодинамических свойств и процессов идеального газа	ИД-1$_{ПК-1}$		+						Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Расчет термодинамических процессов идеального газа»
методы расчета обратимых и необратимых процессов в потоке идеального и реального газа	ИД-1$_{ПК-1}$				+				Контрольная работа/Контрольная работа №4 «Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лаваля»
способы определения свойств и методы расчета термодинамических процессов реального газа	ИД-1$_{ПК-1}$			+					Контрольная работа/Контрольная работа №3 «Определение термодинамических свойств и расчет процессов воды и водяного пара»
основные законы термодинамики и условия их применения	ИД-1$_{ПК-1}$	+							Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Расчет термодинамических свойств бинарной смеси идеальных газов»
Уметь:									
рассчитывать термодинамические циклы ПТУ	ИД-1$_{ПК-1}$					+			Контрольная работа/Контрольная работа №5 "Расчет термодинамических циклов паротурбинных установок"
самостоятельно анализировать термодинамические процессы и циклы, методы их расчета и применять их для решения поставленной задачи	ИД-1$_{ПК-1}$					+			Домашнее задание/Расчетное задание №2 "Расчет термодинамического цикла АЭС - цикла паротурбинной установки на насыщенном паре с сепаратором - пароперегревателем (СПП) и двумя регенеративными подогревателями питательной воды"
рассчитывать термодинамические циклы паротурбинных, газотурбинных, холодильных и теплонасосных установок	ИД-1$_{ПК-1}$						+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №6 "Расчет термодинамических циклов газотурбинных, парогазовых установок, холодильных и теплонасосных установок"
рассчитывать произвольные термодинамические циклы идеального газа и оценивать их	ИД-1$_{ПК-1}$		+						Домашнее задание/Расчетное задание №1 «Расчет произвольного термодинамического цикла, состоящего из пяти различных процессов, совершаемых идеальным газом

эффективность									»
экспериментально определять термодинамические характеристики процессов идеального газа, влажного воздуха, воды и водяного пара	ИД-1$_{ПК-1}$				+	+			Тестирование/Лабораторная работа №1-4

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 «Расчет термодинамических свойств бинарной смеси идеальных газов» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 «Расчет термодинамических процессов идеального газа» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №3 «Определение термодинамических свойств и расчет процессов воды и водяного пара» (Контрольная работа)
4. Расчетное задание №1 «Расчет произвольного термодинамического цикла, состоящего из пяти различных процессов, совершаемых идеальным газом » (Домашнее задание)

6 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Лабораторная работа №1-4 (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №4 «Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лаваля» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №5 "Расчет термодинамических циклов паротурбинных установок" (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №6 "Расчет термодинамических циклов газотурбинных, парогазовых установок, холодильных и теплонасосных установок" (Контрольная работа)
4. Расчетное задание №2 "Расчет термодинамического цикла АЭС - цикла паротурбинной установки на насыщенном паре с сепаратором - пароперегревателем (СПП) и двумя регенеративными подогревателями питательной воды" (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Джураева, Е. В. Расчетные задания для самостоятельных занятий по термодинамике и технической термодинамике : учебное пособие по направлениям "Теплоэнергетика и теплотехника", "Энергомашиностроение" и "Ядерная энергетика и теплофизика" / Е. В. Джураева, В. С. Охотин, В. Ф. Утенков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2015. – 76 с. – ISBN 978-5-7046-1616-0.
http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=7263;
2. Сборник задач по технической термодинамике : учебное пособие для вузов по направлениям "Теплоэнергетика" и "Техническая физика" / Т. Н. Андрианова, Б. В. Дзампов, В. Н. Зубарев, и др. – 5-е изд, стер. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 356 с. – ISBN 5-903072-29-1.;
3. Кириллин В.А. , Сычев В.В. , Шейндлин А.Е. - "Техническая термодинамика", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (496 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72305.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
3. TBT Shell;
4. Электронная энциклопедия энергетики.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. **ЭБС Лань** - https://e.lanbook.com/
2. **ЭБС "Университетская библиотека онлайн"** - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. **Научная электронная библиотека** - https://elibrary.ru/
4. **База данных ВИНИТИ online** - http://www.viniti.ru/
5. **База данных журналов издательства Elsevier** - https://www.sciencedirect.com/
6. **Электронные ресурсы издательства Springer** - https://link.springer.com/
7. **База данных Web of Science** - http://webofscience.com/
8. **База данных Scopus** - http://www.scopus.com
9. **Национальная электронная библиотека** - https://rusneb.ru/
10. **ЭБС "Консультант студента"** - http://www.studentlibrary.ru/
11. **Журналы American Chemical Society** - https://www.acs.org/content/acs/en.html
12. **Журналы American Institute of Physics** - https://www.scitation.org/
13. **Журналы American Physical Society** - https://journals.aps.org/about
14. **База данных издательства Annual Reviews Science Collection** - https://www.annualreviews.org/
15. **База данный Association for Computing Machinery Digital Library** - https://dl.acm.org/about/content
16. **Журналы издательства Cambridge University Press** - https://www.cambridge.org/core
17. **База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)** - https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true
18. **База данных Computers & Applied Sciences Complete (CASC)** - http://search.ebscohost.com
19. **База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing** - http://search.ebscohost.com
20. **Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания** - https://iopscience.iop.org/
21. **Журналы научного общества Optical Society of America (OSA)** - https://www.osapublishing.org/about.cfm

22. **Патентная база Orbit Intelligence компании Questel** - https://www.orbit.com/
23. **Журналы издательства Oxford University Press** - https://academic.oup.com/journals/
24. **База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global** - https://search.proquest.com/pqdtglobal/index
25. **Журналы Журналы Royal Society of Chemistry** - https://pubs.rsc.org/
26. **Журналы издательства SAGE Publication (Sage)** - https://journals.sagepub.com/
27. **Журнал Science** - https://www.sciencemag.org/
28. **Журналы научного общества Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library** - https://www.spiedigitallibrary.org/
29. **Коллекция журналов Taylor & Francis Group** - https://www.tandfonline.com/
30. **Журналы по химии Thieme Chemistry Package компании Georg Thieme Verlag KG** - https://www.thieme-connect.com/products/all/home.html
31. **Журналы издательства Wiley** - https://onlinelibrary.wiley.com/
32. **Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ)** - http://elib.mpei.ru/login.php
33. **Портал открытых данных Российской Федерации** - https://data.gov.ru
34. **База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ** - https://rosmintrud.ru/opendata
35. **База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ** - http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/
36. **База открытых данных Министерства экономического развития РФ** - http://www.economy.gov.ru
37. **База открытых данных Росфинмониторинга** - http://www.fedsfm.ru/opendata
38. **Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ"** - https://www.polpred.com
39. **Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт»** - Http:\\proinfosoft.ru; http://docs.cntd.ru/
40. **Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование»** - https://openedu.ru

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	В-205, Учебная лаборатория технической термодинамики	рабочее место сотрудника, стол преподавателя, стол, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, инвентарь специализированный, стенд лабораторный, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-408, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для	А-110,	стол преподавателя, стол компьютерный,

самостоятельной работы	Вычислительная лаборатория	стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	В-209/2, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Контрольная работа №1 «Расчет термодинамических свойств бинарной смеси идеальных газов» (Контрольная работа)

КМ-2 Контрольная работа №2 «Расчет термодинамических процессов идеального газа» (Контрольная работа)

КМ-3 Расчетное задание №1 «Расчет произвольного термодинамического цикла, состоящего из пяти различных процессов, совершаемых идеальным газом » (Домашнее задание)

КМ-4 Контрольная работа №3 «Определение термодинамических свойств и расчет процессов воды и водяного пара» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	10	12
1	Основные законы термодинамики и общие закономерности					
1.1	Основные определения и термины		+			
1.2	Первый закон термодинамики		+			
1.3	Второй закон термодинамики		+			
1.4	Дифференциальные уравнения термодинамики		+			
2	Процессы идеального газа					
2.1	Законы и уравнения идеального газа			+	+	
2.2	Смеси газов			+		
3	Свойства и процессы реального газа					
3.1	Термодинамические свойства реального газа					+
3.2	Термодинамические процессы реального газа.					+
3.3	Термические уравнения состояния реального газа.					+
		Вес КМ, %:	15	20	35	30

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-5 Контрольная работа №4 «Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лаваля» (Контрольная работа)

КМ-6 Контрольная работа №5 "Расчет термодинамических циклов паротурбинных установок" (Контрольная работа)

КМ-7 Расчетное задание №2 "Расчет термодинамического цикла АЭС - цикла паротурбинной установки на насыщенном паре с сепаратором - пароперегревателем (СПП) и двумя регенеративными подогревателями питательной воды" (Домашнее задание)

КМ-8 Контрольная работа №6 "Расчет термодинамических циклов газотурбинных, парогазовых установок, холодильных и теплонасосных установок" (Контрольная работа)

КМ-9 Лабораторная работа №1-4 (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
		Неделя КМ:	4	8	10	12	13
1	Процессы в потоке вещества						
1.1	Расчет сопл		+				+
1.2	Процессы в диффузоре		+				
1.3	Дросселирование		+				
2	Термодинамические циклы паротурбинных установок						
2.1	Паротурбинные установки			+			+
2.2	Промежуточный перегрев пара в циклах ПТУ на перегретом паре			+			
2.3	Регенерация в циклах ПТУ			+			
2.4	Сепарация пара в циклах ПТУ на насыщенном паре			+	+		
2.5	Теплофикационные циклы ПТУ (циклы ПТУ-ТЭЦ)			+			
3	Термодинамические циклы газотурбинных и парогазовых установок						
3.1	Цикл простой газотурбинной установки					+	
3.2	Цикл газотурбинной установки с регенерацией					+	
3.3	Теплофикационный цикл газотурбинной установки					+	
3.4	Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом-утилизатором					+	

3.5	Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания				+	
4	Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок					
4.1	Обратные термодинамические циклы холодильных установок				+	
4.2	Термодинамические циклы теплонасосных установок				+	
	Вес КМ, %:	20	20	20	20	20